

УДК 677.022:519.876.5

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫРАВНИВАНИЯ И СМЕШИВАНИЯ
НА КАРДОЧЕСАЛЬНЫХ МАШИНАХ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ФАКТОРОВ**

**IMPROVING THE EFFICIENCY OF ALIGNING AND BLENDING
ON CARDING MACHINES
USING PROBABILISTIC FACTORS**

К.Э. РАЗУМЕЕВ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Т.А. САМОЙЛОВА, Т.М. БАЙЧОРОВ

K.E. RAZUMEEV, P.A. SEVOSTYANOV, T.A. SAMOYLOVA, T.M. BAYCHOROV

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: pctrsev46@yandex.ru

В статье исследовано влияние случайных факторов на эффективность выравнивания по линейной плотности и смешивания волокнистых потоков в процессе кардочесания.

The random factor's influence on the linear density' unevenness and blending efficiency of fibrous streams during the carding are discussed.

Ключевые слова: кардочесание, выравнивание, смешивание, динамика, длинноволновая и коротковолновая неровнота.

Keywords: carding, evenness, blending, dynamics, long- and shot-wave unevenness.

Динамику выравнивания и смешивания волокнистых потоков на валичных и шляпочных кардочесальных машинах (КЧМ) принято моделировать структурными схемами и передаточными функциями [1...3]. Схемы состоят из безынерционных элементов и элементов запаздывания. Безынерционные элементы моделируют коэффициенты съема волокнистой массы с поверхности барабанов, валиков и других поверхностей с гарнитурой. Элементы транспортного запаздывания

отображают транспортировку волокнистой массы кардной поверхностью от зоны приема волокна на поверхность до зоны съема. На рис.1 представлена структурная схема, которая используется для моделирования, например, узлов "барабан – рабочий и съемный валики", "барабан – поле шляпок" или "рабочий – съемный барабан". На рис. 1: α – коэффициент съема; θ – время транспортировки волокнистой массы от зоны приема до зоны съема; τ – время транспортировки не

снятого остатка волокнистой массы от зоны съема до зоны приема; $T = \theta + \tau$ – время одного цикла (оборота) волокнистой массы в узле.

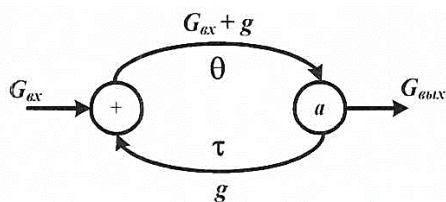


Рис. 1

Для оценки выравнивания и смешивания волокнистой массы узлом КЧМ используют уравнение материального баланса [3...5]:

$$G_{\text{вых}}(t) = a[G_{\text{вх}}(t-\theta) + g(t-\tau-\theta)], \quad (1)$$

$$g(t) = (1-a) G_{\text{вых}}(t).$$

Легко убедиться, что в стационарном состоянии для средних значений выполняется

$$A(\omega) = |W(s = i\omega)| = \frac{Ea}{\sqrt{1 + (1-a)^2 - 2(1-a)\cos(\omega T)}}. \quad (3)$$

Частотная характеристика (3) дает коэффициент ослабления амплитуд колебаний линейной плотности узлом КЧМ на частоте $\omega = 2\pi f$. При экспериментальных исследованиях неровноты по линейной плотности измеренный спектр принято отображать как функцию не круговой ω или циклической f частоты, а длины волны $\lambda = 2\pi v/\omega$, где v – скорость движения волокнистого потока,

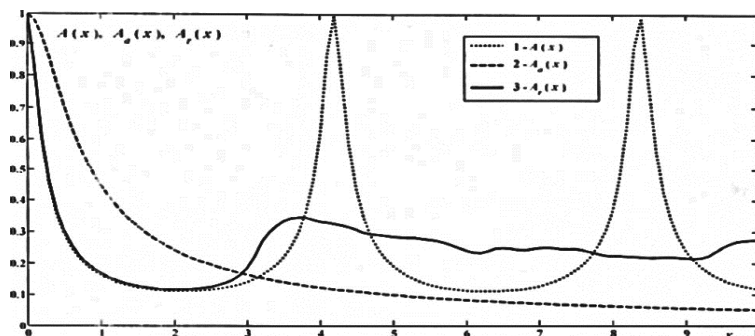


Рис. 2

В зависимости от особенностей конструкции КЧМ и степени детализации исследования ее выравнивающей и смешивающей

баланс $G_{\text{вых}} = G_{\text{вх}}$. Количество волокнистой массы $g(t)$, находящейся в кардных поверхностях, зависит от удерживающей способности поверхностей и объема рабочего пространства между поверхностями. На основе балансовых уравнений (1) строят передаточную функцию – как отношение изображений по Лапласу линейной плотности волокнистого потока на выходе узла к линейной плотности потока на входе, которая, с учетом отношения скоростей E поступления и выхода потока, равна

$$W(s) = \frac{\tilde{G}_{\text{вых}}(s)}{\tilde{G}_{\text{вх}}(s)} = \frac{Ea}{1 - (1-a)\exp(-sT)}. \quad (2)$$

В этой формуле s – оператор преобразования Лапласа. Выравнивающую и смешивающую способность узла оценивают по его амплитудно-частотной характеристике, которую вычисляют с помощью передаточной функции (2):

причем для длин волн используют логарифмическую шкалу. Здесь удобнее отобразить (3) как функцию безразмерной переменной $x = \omega T$. График этой функции при $E=1$ и $a=0,1$ показан на рис. 2 (кривая 1); амплитудно-частотные характеристики моделей выравнивания и перемешивания волокнистых потоков).

способности структурная схема может включать несколько узлов подобных узлу на рис. 1, включенных последовательно и охваченных

частными и общими обратными связями с транспортными запаздываниями. Параметры этих узлов E , a , T у разных узлов неодинаковы. В этих случаях для упрощения анализа передаточную функцию (2) аппроксимируют полиномиальной функцией первого порядка с соответствующей ей амплитудно-частотной характеристикой [1], [2], [6], [7]:

$$W_a(s) = E(1 + bsT)^{-1}, \quad (4)$$

$$A_a(\omega) = \frac{E}{\sqrt{1 + (b\omega T)^2}}. \quad (5)$$

Кривая 2 на рис. 2 показывает зависимость $A_a(x = \omega T)$, соответствующую формуле (5). Эффект перемешивания волокон вдоль волокнистого потока в процессе кардочесания связан с перераспределением порций волокнистого материала вдоль потока. Это перераспределение происходит вследствие различий в скорости перемещения элементов потока по мере их продвижения по рабочим поверхностям КЧМ. Можно представить этот процесс так, что порции ВМ, поступающие в машину, двигаются по отдельным траекториям, причем динамика их движения описывается передаточной функцией (2), имеющей для каждой порции различные значения параметров a и T , которые варьируют вокруг некоторых средних значе-

ний. К выходу из машины эти порции складываются, образуя единый волокнистый поток, но отличающийся от входного своей равномерностью не только по линейной плотности, но и по степени внутрикомпонентного или межкомпонентного смешивания.

Исходя из таких представлений о механизме перемешивания, приходим к выводу, что общая спектральная частотная характеристика КЧМ с точки зрения смешивания является функцией (3), усредненной по случайным значениям параметров a и T . Для получения оценки этой характеристики можно задать случайные значения параметров, найти соответствующую им характеристику, тем самым моделируя преобразование линейной плотности отдельного компонента потока, а затем усреднить эти оценки. Поскольку усредняемая функция нелинейно зависит от случайных параметров, для получения усредненной характеристики был использован метод Монте-Карло. В данном случае он заключался в генерации большого количества случайных значений параметров a и T , вычислении функции (3) для этих значений и затем усреднении реализаций функции по смоделированным выборкам. Расчет усредненной по рандомизированным значениям параметров частотной характеристики выполнялся по формуле:

$$A_r(x) = \frac{E}{M} \sum_{p=1}^M \frac{a_p}{\sqrt{1 + (1 - a_p)^2 - 2(1 - a_p) \cos(\omega T_p)}}. \quad (6)$$

В этой формуле параметры a_p и T_p – значения случайных величин, что и моделирует их вариации для разных порций волокнистого материала при его обработке узлом КЧМ. Значения этих случайных величин генерировались в соответствии с нормальным законом распределения с исключением отрицательных значений, если они возникали при генерации. При этом среднее для нормального распределения было выбрано в соответствии со средними значениями параметров для узлов, а коэффициент вариации параметров – в соответствии с диапазоном вариаций этих параметров на КЧМ. На рис. 2 приведена полученная таким образом

амплитудно-частотная характеристика КЧМ $A_r(x)$, (кривая 3).

Сравнение кривых на рис. 2 показывает, что в пределах одного узла чесания КЧМ – области взаимодействия кардных поверхностей, которые двигаются с разными скоростями относительно друг друга, происходит эффективное выравнивание вариаций плотности практически на всех длинах волн, кроме самых коротких длин волн.

Идеализированная передаточная функция (2) показывает понижение эффекта выравнивания для коротковолновой неровности и содержит резонансные эффекты, которые не наблюдались в результатах натур-

ных экспериментов на КЧМ. Поэтому она непригодна в качестве модели для оценок на малых длинах волн.

Упрощенная модель (4) также уменьшает эффект выравнивания линейной плотности волокнистого потока, в особенности в диапазоне длинноволновой неровноты. Однако эта модель прогнозирует наибольший эффект выравнивания по линейной плотности и по составу компонентов на предельно коротких длинах волн. Это свойство не наблюдается в эксперименте. Нарушения компонентного состава на коротких отрезках потоков в КЧМ лишь сглаживается и распределяется на больших длинах, но не уничтожается полностью, как это прогнозирует модель (4).

Частотная характеристика (6) наилучшим образом соответствует интуитивным представлениям о выравнивании и смешивании волокнистых потоков в КЧМ, поскольку прогнозирует эффективное ослабление амплитуд волн неровноты по линейной плотности на длинных волнах, до $x = 3$, то есть $\lambda > 2\pi vT/3$. На более коротких длинах волн эффект выравнивания снижается, но остается достаточно значительным (коэффициент ослабления амплитуды порядка 0,3) на всем диапазоне длин волн, меньших, чем $\lambda \sim 2\pi vT/3$.

ВЫВОДЫ

Установлено, что случайные составляющие в величинах коэффициентов съема и времени циклического обращения отдельных элементарных потоков и порций волокнистого материала в узлах кардочесальных машин являются существенным фактором, влияющим на эффективность выравнивания и смешивания. Поэтому внесение вариаций в коэффициенты съема и длительность циклов обращения волокон между кардными поверхностями может заметно повысить эффективность работы кардочесальных машин.

1. Ашнин Н.М. Кардочесание волокнистых материалов. – М.: Легпромбытиздат, 1985.

2. Севостьянов А.Г., Севостьянов П.А. Моделирование технологических процессов (в текстильной промышленности). – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.

3. Разумеев К.Э., Павлов Ю.В., Чистобородов Г.И., Ашнин Н.М., Плеханов А.Ф., Павлов К.Ю., Халезов С.Л., Асташов М.М. Теоретические основы технологии прядения. – Иваново: ИВГПУ, 2014. ISBN 978-5-88954-414-2.

4. Севостьянов П.А. Компьютерное моделирование технологических систем и продуктов прядения. – М.: Информ-Знание, 2006. ISBN 5-8032-00-98-0.

5. Добринская Т.А., Севостьянов П.А. Сравнение эффективности смешивания смешивающими и дозирующими устройствами // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2000, №3. С.39...43.

6. Севостьянов П.А. Исследование сложения волокнистых потоков методом статистического моделирования // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1979, №5.

7. Севостьянов П.А., Симонян В.О. Масштабный анализ неровноты продуктов прядения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, №1.

REFERENCES

1. Ashnin N.M. Kardochesanie voloknistykh materialov. – M.: Legprombytizdat, 1985.

2. Sevost'yanov A.G., Sevost'yanov P.A. Modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov (v tekstil'noy promyshlennosti). – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1984.

3. Razumeev K.E., Pavlov Yu.V., Chistoborodov G.I., Ashnin N.M., Plekhanov A.F., Pavlov K.Yu., Khalezov S.L., Astashov M.M. Teoreticheskie osnovy tekhnologii pryadeniya. – Ivanovo: IVGPU, 2014. ISBN 978-5-88954-414-2.

4. Sevost'yanov P.A. Komp'yuternoe modelirovanie tekhnologicheskikh sistem i produktov pryadeniya. – M.: Inform-Znanie, 2006. ISBN 5-8032-00-98-0.

5. Dobrinskaya T.A., Sevost'yanov P.A. Sravnenie effektivnosti smeshivaniya smeshivayushchimi i doziryushchimi ustroystvami // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2000, №3. S.39...43.

6. Sevost'yanov P.A. Issledovanie slozheniya voloknistykh potokov metodom statisticheskogo modelirovaniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 1979, №5.

7. Sevost'yanov P.A., Simonyan V.O. Masshtabnyy analiz nerovnoty produktov pryadeniya // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2006, №1.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 04.06.19.